

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 622 931

②1 N° d'enregistrement national :

88 14655

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : F 02 K 9/86.

①2

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 9 novembre 1988.

③0 Priorité : DE, 10 novembre 1987, n° P 37 38 108.3.

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 19 du 12 mai 1989.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : MESSERSCHMITT-BOL-  
KOW-BLOHM GMBH. — DE.

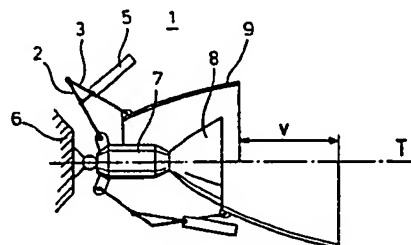
⑦2 Inventeur(s) : Werner Malburg ; Erich Kirner.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Bureau D.A. Casalonga et Josse.

⑤4 Mécanisme d'actionnement de tuyère de poussée prolongeable de moteur-fusée.

⑤7 Le mécanisme d'actionnement 1 se compose d'une tuyère de fond 8 reliée à la chambre de combustion 7 et d'une tuyère d'expansion 9. La tuyère d'expansion 9 est suspendue à au moins trois agencements de bielles répartis sur la périphérie du moteur. Chaque agencement de bielles se compose d'une bielle 2 reliée à la chambre de combustion 7 ou à la tuyère de fond 8 et d'une bielle 3 pour la tuyère d'expansion 9. Les bielles 2, 3 sont reliées de façon pivotante aux composants à relier.



FR 2 622 931 - A1

- 1 -

Mécanisme d'actionnement de tuyère de poussée prolongeable de  
moteur-fusée

5 L'invention concerne un mécanisme d'actionnement pour la tuyère de poussée prolongeable d'un moteur-fusée, qui se compose d'une tuyère de fond reliée de manière fixe à la chambre de combustion et d'une tuyère d'expansion en une ou plusieurs parties et mobile dans le sens axial, la tuyère d'expansion étant montée en aval de la tuyère de fond comme prolongement fluïdique en cas de faible pression ambiante (vol en haute altitude, vide).

10 Pour des moteurs-fusées qui doivent fonctionner, en partant de la pression ambiante à la surface terrestre jusqu'au vide dans l'espace, si possible toujours avec une poussée optimale, il est nécessaire d'adapter, par l'intermédiaire de sa géométrie, le rapport d'expansion de la tuyère de poussée à la pression ambiante. La meilleure solution consisterait en une augmentation continue du rapport d'expansion, c'est-à-dire de la section de sortie de la tuyère de poussée, à mesure que la pression ambiante diminue. Or  
15 pour des raisons de construction, l'augmentation n'est effectuée dans la pratique qu'en une ou en peu d'étapes. Le décollage se fait avec une tuyère de fond qui est reliée de manière fixe à la chambre de combustion et à laquelle est connectée en aval du point de vue technique des fluides, à une altitude de vol déterminée, une tuyère d'expansion pouvant être réalisée d'une seule pièce ou en plusieurs parties. Du brevet US-37 11 027 on connaît une tuyère de poussée qui est raccourcie, avant la mise en service et pour des raisons de place, à une petite longueur à la manière d'une chaussette roulée.  
20 Fondamentalement, ce principe de l'accordeon ou de la chaussette roulée convient également pour modifier le rapport d'expansion, mais uniquement pour des tuyères ayant des parois flexibles très minces. Pour des moteurs à grande puissance comportant des canaux de refroidissement dans la paroi de la tuyère, ce principe ne peut pas  
25 être appliqué, car la paroi et les canaux de refroidissement seraient détruits en cas de forte déformation.  
30

- 2 -

Le brevet US-32 29 457 montre d'autres possibilités pour modifier le rapport d'expansion. Les figures 1, 4 et 5 représentent des clapets qui peuvent pivoter radialement et permettent de modifier le diamètre de sortie efficace. De tels clapets présentent  
5 néanmoins de nombreux inconvénients. Dans le sens périphérique, ils ne forment pas un contour d'écoulement de l'air cohérent, en raison des joints et interstices se trouvant entre eux, leur refroidissement est difficile ou tout à fait impossible, ils augmentent le poids du moteur et exigent des mécanismes de réglage  
10 et des paliers qui sont compliqués et sensibles aux perturbations. Dans les figures 8 et 11, la tuyère de poussée est constituée d'une partie solidaire à la chambre de combustion et de deux parties mobiles en translation axiale, qui forment la tuyère d'expansion. De ce fait, il existe à l'intérieur de la tuyère deux arêtes de  
15 décollement périphériques qui peuvent être rendues inefficaces, du point de vue mécanique des fluides, par la translation vers l'arrière de la partie de tuyère suivante. Or la translation relative axiale des parties est si faible que l'écoulement de l'air vient sous certaines conditions s'appliquer derrière les arêtes de  
20 décollement à nouveau à la paroi de tuyère suivante.

Du brevet DE-34 27 169 on connaît une tuyère de poussée divisée en deux, dont la tuyère d'expansion forme, à l'état avancé raccourci, avec la tuyère de fond un éjecteur augmentant la poussée. La tuyère d'expansion est montée mobile en translation axiale par  
25 des douilles de glissement sur des guidages rectilignes. Les guidages rectilignes sont fixes avec une extrémité dans la zone des suspensions du moteur et avec l'autre extrémité à la tuyère de fond. Ainsi la course de translation maximale est prédéterminée essentiellement par la longueur libre des guidages rectilignes. Or  
30 dans la pratique, on dispose généralement autour de la chambre de combustion et de la tuyère de fond de nombreux conduites et ensembles qui ne laissent que peu ou pas de place pour des guidages rectilignes. Cela rend quasiment impossible des équipements ultérieurs. Des douilles de glissement ou des sabots à circulation

de billes exigent des surfaces dures résistant à l'usure, de sorte que les guidages rectilignes sont en général fabriqués en métal trempé, ce qui augmente la masse du moteur. Un autre inconvénient réside dans le fait que la course de l'entraînement télescopique doit être aussi grande que la course de réglage de la tuyère d'expansion. Dans des moteurs de grande taille, cette course de réglage peut dépasser 2 m. De ce fait, l'entraînement télescopique est encombrant, lourd et d'une réponse lente. Dans la réalisation comme cylindre hydraulique, cela augmente en plus les besoins en liquide hydraulique.

Compte tenu des inconvénients des solutions connues, l'invention a pour but de proposer un mécanisme d'actionnement pour la tuyère de poussée prolongeable d'un moteur-fusée, qui permet de grandes courses et de grandes vitesses de réglage, est robuste et néanmoins d'un faible poids et peut être adapté facilement à des géométries nouvelles ou existantes de moteurs, ce qui permet d'équiper ultérieurement des moteurs existants.

Ce but est atteint dans le cas d'un mécanisme d'actionnement en ce que la tuyère d'expansion en une ou plusieurs parties est suspendue à au moins trois agencements de bielles repartis sur la périphérie du moteur et synchronisés du point de vue entraînement, que chaque agencement de bielles se compose d'une bielle reliée à la chambre de combustion et à la tuyère de fond ainsi que d'une bielle pour chaque partie de la tuyère d'expansion, que les bielles sont reliées de façon pivotante entre elles et aux éléments à relier, qu'à l'intérieur de chaque agencement de bielles les axes de pivotement sont parallèles les uns aux autres, et que tous les axes de pivotement sont orientés de façon sensiblement perpendiculaire par rapport à l'axe du moteur et de façon à peu près tangentielle par rapport à la périphérie du moteur.

La liaison entre la tuyère d'expansion et le moteur central est donc établie par au moins trois agencements de bielles, repartis sur la périphérie du moteur, qui permettent uniquement un mouvement axial de la tuyère d'expansion sans possibilité de rotation autour

de l'axe du moteur. A cet effet, les entraînements des agencements de bielles sont synchronisés. Dans le cas d'une réalisation d'une seule pièce de la tuyère d'expansion, chaque agencement de bielles se compose d'une paire de bielles reliées à leurs extrémités.

5 Des réalisations préférées de l'invention visent à atteindre une grande vitesse de réglage, des unités d'entraînement petites et légères, une construction de bielle extrêmement légère et la compensation d'imprécisions de fabrication et de montage.

10 A chaque agencement de bielles peut être associée une unité d'entraînement translatrice séparée, de manière qu'un mouvement translatrice déterminé de l'unité d'entraînement provoque un déplacement axial sensiblement plus grand de la tuyère d'expansion, et les unités d'entraînement peuvent être raccordées à la même alimentation en énergie et à la même commande.

15 De préférence, les unités d'entraînement sont réalisées comme vérins hydrauliques, comme vérins pneumatiques ou comme systèmes d'entraînement à vis.

20 Les bielles peuvent être fabriquées comme éléments légers rigides en flexion et en torsion, en technique composite avec renfort par fibres.

Chaque agencement de bielles peut comporter au moins un élément de compensation élastique pour compenser des défauts de fabrication ou de montage.

25 L'invention est expliquée de façon plus détaillée ci-après à l'aide des exemples de réalisation illustrés de manière schématique par le dessin, sur lequel

la figure 1 représente un mécanisme d'actionnement pour une tuyère d'expansion d'une seule pièce,

30 la figure 2 représente un mécanisme d'actionnement pour une tuyère d'expansion en plusieurs parties,

les figures 3 et 4 représentent chacune une variante du mécanisme d'actionnement selon la figure 1,

la figure 5 représente la zone de liaison entre la tuyère de fond et la tuyère d'expansion, et

- 5 -

les figures 6 et 7 representent chacune un mode de realisation d'un agencement de bielles pour une tuyere d'expansion d'une seule piece.

5 Sur le bord gauche de la figure 1 est indique le fond de la fusee 6, auquel est suspendu le moteur-fusee. La suspension est representee comme articulation a rotule, car meme des moteurs-fusees d'une grande taille sont souvent disposes de facon pivotante dans  
10 toutes les directions pour des corrections de trajectoire, la plage de pivotement ne correspondant néanmoins qu'a quelques degres d'angle. En position neutre, l'axe T du moteur et l'axe de la fusee sont identiques. Le moteur central se compose de la chambre de combustion 7 et de la tuyere de fond 8 reliee de facon fixe a cette  
15 chambre. Pour une poussee plus importante en presence d'une faible pression ambiante, il est prevu une tuyere d'expansion 9 mobile en translation axiale, qui forme en position rentree (illustration au-dessus de l'axe T du moteur) un ejecteur avec la tuyere de fond et agit en position deployee (illustration au-dessous de l'axe T du  
20 moteur) comme prolongement gazodynamique de la tuyere de fond 8 et augmente ainsi le rapport d'expansion. Le guidage cinetique de la tuyere d'expansion 9 se compose d'au moins trois agencements de bielles de preference regulierement repartis autour du moteur, dont chacun se compose d'une bielle 2, reliee a la chambre de combustion 7, et d'une bielle 3 reliee a la tuyere d'expansion 9. Sur chaque  
25 paire de bielles 2, 3 est disposee une unite d'entrainement 5 qui est realisee de preference comme cylindre hydraulique ou pneumatique. Bien entendu il est possible d'utiliser d'autres entrainements translatatoires, tels que des systemes d'entrainement a vis a billes avec une alimentation en energie electrique.

30 Dans la figure 1, le cylindre de l'unite d'entrainement 5 est relie a la bielle 3 coté tuyere et la tige de piston est reliee a la bielle 2 coté chambre de combustion. Les points d'articulation sont choisis de telle facon que la translation axiale v de la tuyere d'expansion 9 soit sensiblement superieure a la course de travail.

- 6 -

des unités d'entraînement 5. Cela permet d'utiliser, avec une pression hydraulique ou pneumatique élevée correspondante, des unités d'entraînement 5 petites, légères et à réponse rapide, à faible consommation de fluide. La totalité des bielles 2, 3 ainsi que des unités d'entraînement 5, y compris les éléments de liaison à des composants voisins, forme le mécanisme d'actionnement 1.

Le moteur central de la fusée 16 dans la figure 2 se compose de la chambre de combustion 17 et de la tuyère de fond 18 et est donc quasiment identique à celui de la figure 1. La différence essentielle par rapport à la figure 1 réside dans le fait que la tuyère d'expansion 19 est divisée en deux. À l'état rentré, elle entoure la tuyère de fond 18 sous forme de deux anneaux concentriques et à l'état déployé, chacun des anneaux prolonge la tuyère de fond d'une certaine longueur. Il serait possible de déployer les parties de la tuyère d'expansion 19 l'une après l'autre à différentes altitudes de vol, mais cela exigerait un mécanisme d'actionnement relativement compliqué.

Le mécanisme d'actionnement 11 selon la figure 2 ne convient que pour le déploiement simultané des parties de la tuyère d'expansion. À cet effet, les bielles 12 sont reliées à la chambre de combustion 17. Sur chaque bielle 12 sont articulées deux bielles 13 et 14 qui établissent la liaison avec chaque partie de la tuyère d'expansion 19. Les rapports de leviers sont choisis tels que l'anneau plus grand de la tuyère d'expansion subit une translation axiale plus grande. La division en deux permet de loger la tuyère d'expansion 19 de manière encore moins encombrante à l'état rentré, ce qui présente de l'intérêt notamment pour des fusées militaires installées dans des silos ou des sous-marins. Pour plus de clarté, les unités d'entraînement ont été omises dans la figure 2.

La figure 3 montre un mécanisme d'actionnement 21 pour une tuyère d'expansion 29 qui est réalisée d'une seule pièce et suspendue à des paires de bielles 22, 23. Le moteur central, composé de la chambre de combustion 27 et de la tuyère de fond 28, de la fusée 26 porte dans ce cas également les cylindres des unités

d'entraînement 25, dont les tiges de piston sont reliées aux bielles 22.

5 Le mécanisme d'actionnement 31 de la fusée 36 selon la figure 4 se distingue de celui de la figure 3 par le fait que les unités d'entraînement 35 sont disposées entre la fusée 36 et les bielles 32 fixées sur la chambre de combustion 37. Les bielles 33 reliées à la tuyère d'expansion 39 transmettent, comme dans la figure 3, uniquement des forces de traction et de poussée et sont donc plus faciles à réaliser que des bielles sollicitées en flexion. La tuyère de fond est ici désignée par 38.

10 Naturellement il existe d'autres possibilités d'agencement pour les unités d'entraînement que ceux montrés dans les figures 1, 3 et 4, et les points d'articulation des bielles venant en contact avec le moteur central peuvent se trouver partout entre la suspension du moteur et l'extrémité de la tuyère de fond. Il est également possible de coupler (synchroniser) les bielles, articulées sur le moteur central, par des engrenages et des arbres et de ne prévoir qu'une seule unité d'entraînement. Néanmoins, toutes les variantes partent du principe qu'avec des courses relativement petites des unités d'entraînement, une translation axiale relativement grande de la tuyère d'expansion est obtenue.

15 La figure 5 montre la liaison mécanique de la tuyère d'expansion 49 avec la tuyère de fond 48 à l'état complètement déployé. Il est visible que les contours d'écoulement de l'air des deux tuyères se raccordent sensiblement de façon continue pour éviter un décollement de l'écoulement de l'air. Par souci de simplicité, la représentation ne tient pas compte du fait que les tuyères possèdent en général des parois creuses pour le refroidissement. La tuyère d'expansion 49 est guidée en position efficace sur la tuyère de fond, aussi bien dans le sens radial que dans le sens axial. A cet effet, il existe sur les deux tuyères aussi bien des plans de centrage cylindriques radiaux que des butées axiales. Entre les butées se trouve un élément d'étanchéité 51, résistant aux gaz chauds et relié de façon solidaire à la tuyère

25

30



d'expansion 49, qui possède un corps rigide servant de butée et une levre flexible servant à l'étanchéité. Dans la zone de liaison des tuyères 48 et 49, les bielles 43 exercent une force d'appui qui doit être supérieure à la poussée axiale agissant sur la tuyère d'expansion 49. Le mécanisme d'actionnement fonctionnant suivant le principe du levier à genouillère, la sollicitation des unités d'entraînement reste relativement petite. Pour compenser des imprécisions de montage et de fabrication et pour amortir le choc de butée, les bielles 43 sont pourvues d'éléments de compensation 50 élastiques, pour lesquels conviennent par exemple des rondelles-ressorts. Compte tenu des mouvements relatifs qui se manifestent, les bielles 43 sont réalisées à la manière d'unités piston/cylindre.

Les figures 6 et 7 montrent enfin des paires de bielles qui garantissent un guidage axial précis de la tuyère d'expansion, à condition d'avoir un entraînement synchrone. Comme mentionné, il faut prévoir au moins trois de ces paires de bielles sur la périphérie de la tuyère. Pour plus de clarté, l'articulation des unités d'entraînement n'est pas représentée.

La figure 6 montre la combinaison d'une bielle tétragone 53 avec une bielle triangulaire 52, tous les axes de pivotement X, Y, Z étant parallèles les uns par rapport aux autres. La large base d'articulation avec l'axe 2 peut être tournée aussi bien vers la tuyère d'expansion que vers le moteur central.

La figure 7 montre deux bielles triangulaires 62 et 63 qui sont reliées à leurs pointes. Les larges bases d'articulation sont tournées vers les éléments à relier.

Lors de l'utilisation d'autres combinaisons de bielles possibles il faut toujours veiller à éviter dans la mesure du possible une rotation relative des tuyères de fond et d'expansion autour de l'axe du moteur. En tenant compte des sollicitations qui apparaissent, il faut réaliser les bielles aussi légères que possible, ce qui est obtenu le mieux avec des structures composites

2622931

- 9 -

avec renfort par fibres, a âme alveolaire ou en mousse. Seules les articulations sont en métal pour des raisons de solidité et d'usure.

Revendications

1. Mécanisme d'actionnement pour la tuyère de poussée prolongeable d'un moteur-fusée, qui se compose d'une tuyère de fond reliée de manière fixe à la chambre de combustion et d'une tuyère d'expansion en une ou plusieurs parties et mobile dans le sens axial, la tuyère d'expansion étant montée en aval de la tuyère de fond comme prolongement fluïdique en cas de faible pression ambiante (vol en haute altitude, vide), caractérisé en ce que la tuyère d'expansion (9, 19, 29, 39, 49) en une ou plusieurs parties est suspendue à au moins trois agencements de bielles repartis sur la périphérie du moteur et synchronisés du point de vue entraînement, que chaque agencement de bielles se compose d'une bielle (2, 12, 22, 32, 52, 62) reliée à la chambre de combustion (7, 17, 27, 37) et à la tuyère de fond (8, 18, 28, 38, 48) ainsi que d'une bielle (3, 13, 14, 23, 33, 43, 53, 63) pour chaque partie de la tuyère d'expansion (9, 19, 29, 39, 49), que les bielles sont reliées de façon pivotante entre elles et aux éléments à relier, qu'à l'intérieur de chaque agencement de bielles les axes de pivotement (X, Y, Z) sont parallèles les uns aux autres, et que tous les axes de pivotement (X, Y, Z) sont orientés de façon sensiblement perpendiculaire par rapport à l'axe du moteur et de façon à peu près tangentielle par rapport à la périphérie du moteur.

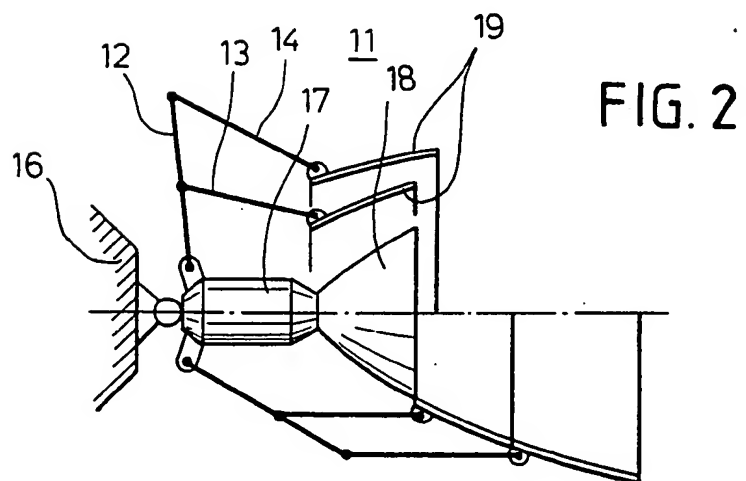
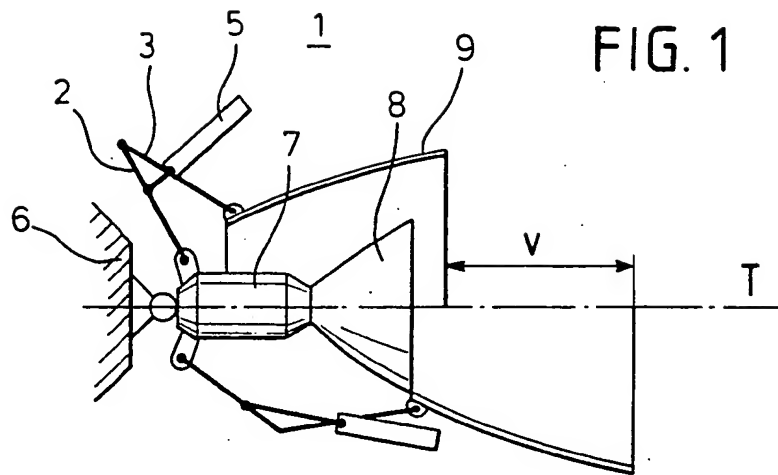
2. Mécanisme d'actionnement selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à chaque agencement de bielles est associée une unité d'entraînement (5, 25, 35) translatrice séparée, de manière qu'un mouvement translatrice déterminé de l'unité d'entraînement (5, 25, 35) provoque un déplacement axial (v) sensiblement plus grand de la tuyère d'expansion (9, 19, 29, 39, 49) et que les unités d'entraînement (5, 25, 35) sont raccordées à la même alimentation en énergie et à la même commande.

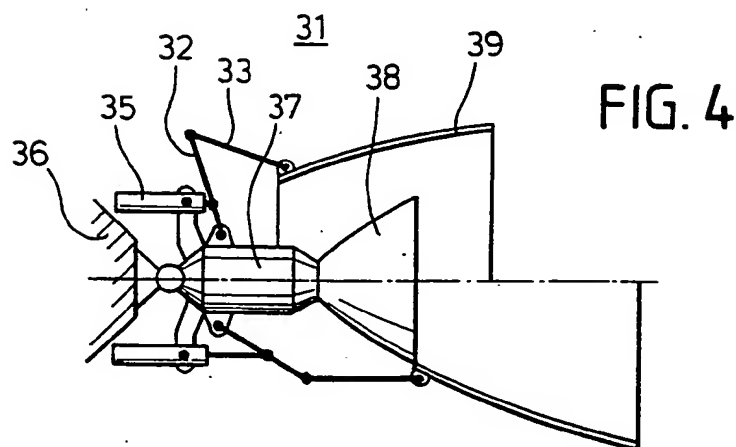
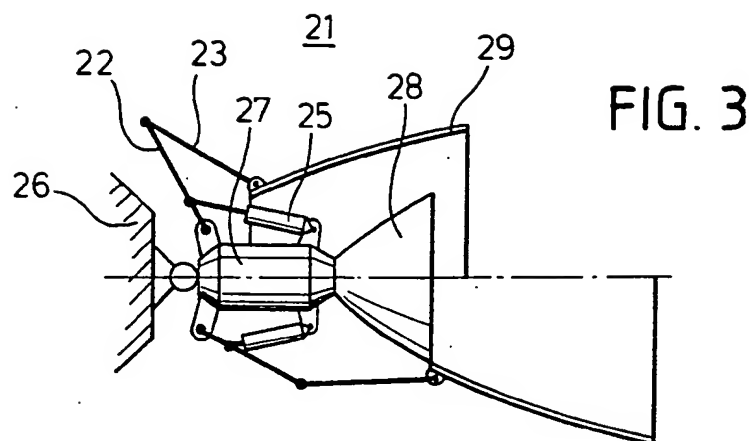
3. Mécanisme d'actionnement selon la revendication 2, caractérisé en ce que les unités d'entraînement (5, 25, 35) sont

realisees comme verins hydrauliques, comme verins pneumatiques ou comme systemes d'entrainement a vis.

5 4. Mechanisme d'actionnement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caracterise en ce que les bielles (2, 3, 12, 13, 14, 22, 23, 32, 33, 43, 52, 53, 62, 63) sont fabriquees comme elements legers rigides en flexion et en torsion, en technique composite avec renfort par fibres.

10 5. Mechanisme d'actionnement selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caracterise en ce que chaque agencement de bielles comporte au moins un element de compensation (50) elastique pour compenser des defauts de fabrication ou de montage.





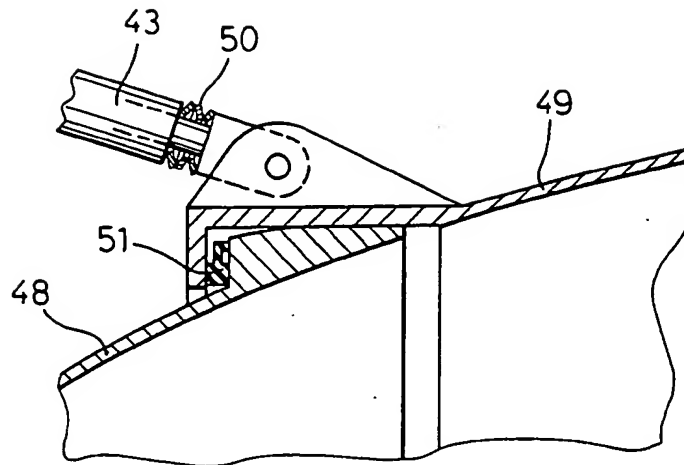


FIG. 5

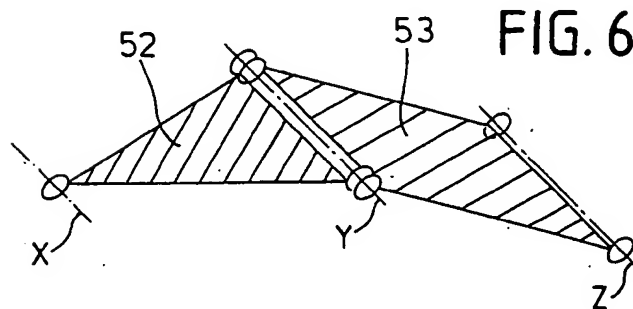


FIG. 6

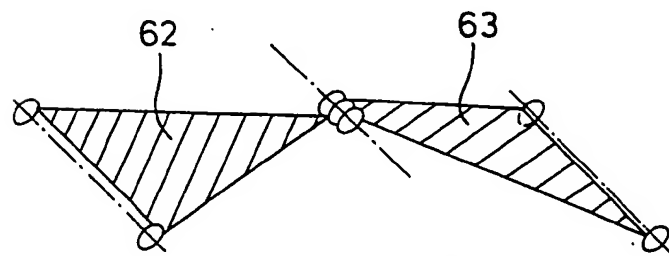


FIG. 7